

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan penggunaan *styrofoam* sebagai wadah makanan dan minuman maupun sebagai pelindung barang elektronik semakin meningkat dan justru memperparah masalah lingkungan. Limbah *styrofoam* yang sulit terurai secara sempurna terus meningkat seiring dengan tingginya konsumsi masyarakat. *Styrofoam* merupakan plastik *non-biodegradable*, termasuk ke dalam jenis plastik dengan kode 6 yaitu dikenal dengan sebutan *polystyrene* (PS) yang memiliki sifat lunak, ringan, dan praktis. *Styrofoam* berbahan dasar *polystyrene* dan mengandung *benzene* dan *styrene* yang berbahaya bagi kesehatan manusia. *Benzene* adalah zat kimia yang bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan tumbuhnya sel kanker di dalam tubuh, menimbulkan masalah pada kelenjar tiroid (gondok), mengganggu sistem saraf dan sistem reproduksi. Sedangkan *styrene* dapat menyebabkan gangguan pernapasan, iritasi pada kulit dan mata serta menyebabkan penyakit kanker (Utomo dan Solin, 2021).

Penanganan limbah *styrofoam* umumnya dilakukan dengan teknik fisika dan kimia, seperti daur ulang dan degradasi kimia. Namun, teknik ini dianggap kurang efektif karena membutuhkan biaya yang lebih tinggi dan penambahan bahan kimia berbahaya ke lingkungan justru berpotensi mencemari lingkungan (Lukic *et al.*, 2017). Upaya lain, seperti pembakaran juga menimbulkan pencemaran lingkungan. Pembakaran *styrofoam* menghasilkan emisi gas yang berpotensi menyebabkan polutan dan efek rumah kaca seperti CO₂, SO_x, dan gas klor (Salamah dan Maryudi, 2018). Salah satu alternatif yang lebih ramah lingkungan dan lebih ekonomis adalah dengan teknik biologi yaitu bioremediasi. Bioremediasi adalah metode yang memanfaatkan organisme hidup seperti tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme untuk mendegradasi atau mendetoksifikasi polutan organik dan anorganik dari lingkungan yang merugikan ke tingkat yang lebih aman melalui proses metabolismenya. Proses ini mengubah atau mengurai limbah atau polutan hingga menghasilkan produk akhir berupa senyawa anorganik seperti karbondioksida, air, dan metana (Supono, 2019).

Seiring meningkatnya pemahaman mengenai degradasi *styrofoam*, para peneliti mulai mengeksplorasi bagaimana organisme tertentu dapat digunakan untuk mengurai limbah *polystyrene*. Bioremediasi memiliki harapan dalam pengelolaan limbah *styrofoam* secara alami, guna menghindari gangguan keseimbangan lingkungan. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yang *et al.* (2015) telah menunjukkan bahwa ulat hongkong *Tenebrio molitor* memiliki kemampuan untuk mendegradasi *polystyrene* di dalam saluran pencernaannya. Dalam proses ini, *polystyrene* diurai menjadi karbondioksida (CO₂) dan senyawa dengan berat molekul rendah. Temuan ini mengindikasikan bahwa ulat hongkong dapat berperan dalam mengurai polusi plastik secara alami melalui aktivitas biologi di dalam usus mereka.

Tenebrio molitor merupakan serangga dari ordo Coleoptera yang sebagian besar hidupnya dihabiskan dalam fase larva. Pada fase ini, larva *Tenebrio molitor*, yang juga dikenal sebagai ulat hongkong menunjukkan kemampuan unik yang telah menarik perhatian peneliti, terutama dalam konteks pengelolaan limbah plastik seperti *styrofoam*.

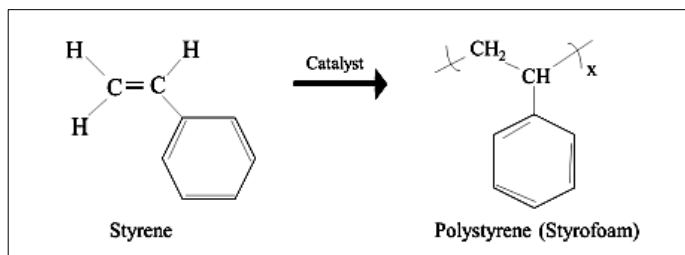
Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi efektivitas larva *Tenebrio molitor* dalam proses degradasi *styrofoam*. Misalnya, penelitian terbaru yang dilakukan oleh Oktari *et al.* (2023) yang menunjukkan bahwa larva *Tenebrio molitor* dapat mendegradasi limbah plastik jenis *styrofoam*. Kemampuan ini diduga berasal dari adanya mikroorganisme dalam usus larva *Tenebrio molitor* yang memecah struktur kimia *styrofoam*. Bakteri yang diketahui hidup dalam usus larva *Tenebrio molitor* adalah bakteri *Exyguobacterium* sp. strain YT2 yang berperan penting dalam proses degradasi *polystyrene* sebagai komponen penyusun *styrofoam*. Bakteri ini membantu larva dalam memecah struktur kompleks *styrofoam* menjadi fragmen yang lebih sederhana melalui aktivitas enzimatik (Yang *et al.*, 2015).

Penelitian mengenai kemampuan ulat hongkong dalam mendegradasi *styrofoam* masih terus berkembang sampai saat ini. Pemahaman yang lebih dalam sangat dibutuhkan untuk memanfaatkan metode bioremediasi ini secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana efektivitas ulat hongkong *Tenebrio molitor* dapat mengkonsumsi batangan *styrofoam* dengan pemberian nutrisi. Pemanfaatan ulat hongkong *Tenebrio molitor* diharapkan dapat terus dikembangkan sebagai solusi inovatif dalam mengeliminasi limbah *styrofoam* yang terus meningkat.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Styrofoam

Styrofoam berasal dari kata *styrene* dan *foam*. *Styrene* adalah senyawa kimia cair yang tidak berwarna dan memiliki bau seperti benzena, yang digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan berbagai plastik. Sedangkan *foam* yang berarti busa atau buih. *Styrofoam* umumnya dikenal sebagai gabus putih yang sering digunakan sebagai bahan kemasan untuk makanan dan minuman, serta sebagai pelindung barang elektronik. Bahan ini memiliki sifat yang sangat ringan karena terdiri dari sekitar 95% udara dan hanya 5% *styrene* (Hanafi dan Altarans, 2021). *Styrofoam* termasuk ke dalam jenis plastik dengan kode 6, yang biasa dikenal sebagai *polystyrene* (PS). *Polystyrene* merupakan polimer yang terbentuk dari monomer *styrene* melalui proses polimerisasi, yakni suatu hidrokarbon cair yang secara komersial diproduksi dari minyak bumi. Pada suhu ruangan, *polystyrene* biasanya bersifat termoplastik padat yang akan mencair jika dipanaskan ke suhu yang lebih tinggi (Putra *et al.*, 2023).



Gambar 1. Struktur kimia *polystyrene*

Sumber: Wirahadi, 2017

Styrofoam banyak dimanfaatkan sebagai kemasan makanan karena memiliki berbagai kelebihan, seperti mencegah kebocoran, mempertahankan bentuknya saat dipegang, dan menjaga suhu panas atau dingin tetapi tetap nyaman dipegang. Selain

praktis dan mudah ditemukan, *styrofoam* memiliki biaya yang murah, ringan, dan sering digunakan sebagai bahan pelindung serta penahan getaran pada barang-barang rentan rusak seperti barang elektronik atau barang pecah belah. Penggunaan *styrofoam* yang semakin meningkat, terutama dalam industri pangan dan barang elektronik menyebabkan dampak negatif lingkungan yang signifikan karena limbah *styrofoam* yang sulit terurai (Wirahadi, 2017).



Gambar 2. Bentuk *styrofoam* sebagai pakan percobaan
 Sumber: Foto pribadi

Styrofoam dibuat dari bahan dasar *polystyrene*, yaitu jenis plastik yang ringan, kaku, dan tembus cahaya tetapi cepat rapuh sehingga dalam proses pembuatannya *polystyrene* lalu ditambahkan dengan senyawa butadien dan seng, yang menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu. Agar *polystyrene* lebih lentur, maka ditambahkan zat plasticizer seperti dioctyl phthalate (DOP), butil hidroksi toluena, atau butil stearat. *Styrofoam* kemudian diubah menjadi plastik berbusa dengan struktur sel-sel kecil melalui proses peniupan yang menggunakan gas chlorofluorocarbon (CFC) sebagai agen pembuih. Proses ini dimulai dari pembentukan *polystyrene* dari bahan dasar *styrene*, yang kemudian dihisap dengan CFC untuk menghasilkan bentuk *styrofoam* yang digunakan selama ini (Priyoleksono *et al.*, 2023).

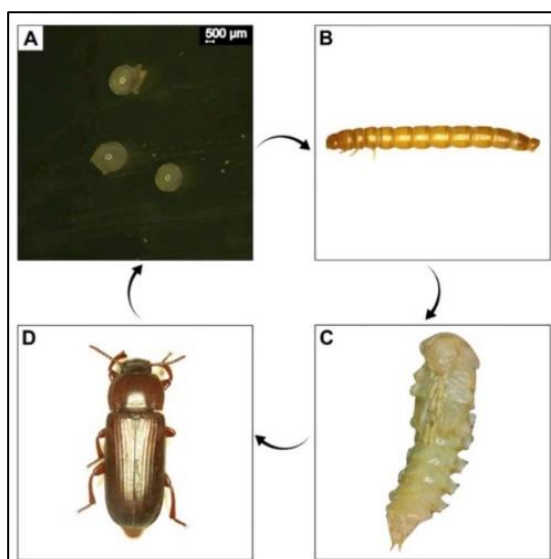
Penggunaan *styrofoam* sebagai kemasan makanan melanggar beberapa peraturan yang berlaku, termasuk Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 472/Menkes/Per/V/1996 tentang Pengamanan Bahan Berbahaya Bagi Kesehatan. Pada Pasal ayat 1, disebutkan bahwa bahan berbahaya adalah zat kimia dan biologi, baik dalam bentuk tunggal maupun campuran yang dapat membahayakan kesehatan dan lingkungan hidup secara langsung atau tidak langsung, yang mempunyai sifat racun, karsinogenik, teratogenik, mutagenik, korosif, dan iritasi. Menurut data dari *Environmental Protection Agency* (EPA), *styrofoam* dikategorikan sebagai penghasil limbah berbahaya ke-5 terbesar di dunia (Abdaniah *et al.*, 2024).

Styrofoam mengandung berbagai zat berbahaya, seperti *styrene*, butil hidroksi toluena, *polystyrene*, dan chlorofluorocarbon (CFC), yang dapat menimbulkan berbagai dampak negatif pada kesehatan dan lingkungan. Zat *styrene* diketahui bersifat karsinogenik yang menyebabkan penyakit kanker pada manusia, mengakibatkan gangguan pernapasan, iritasi pada kulit dan mata. Kandungan *polystyrene* dalam *styrofoam* juga dapat memengaruhi kesehatan reproduksi pada wanita, karena zat ini bereaksi dengan hormon estrogen yang menyebabkan penurunan produksi hormon tersebut sehingga berdampak pada kesuburan wanita (Abdaniah *et al.*, 2024).

Styrofoam juga berdampak negatif bagi lingkungan dengan memicu pemanasan global. Kandungan chlorofluorocarbon (CFC) dalam *styrofoam* turut menyumbang pada efek rumah kaca. Sebagai bahan peniup dalam pembuatan *styrofoam*, CFC melayang ke atmosfer dan merusak lapisan ozon sehingga mengakibatkan penipisan lapisan ozon (Marwanto *et al.*, 2022). Menurut Firdausi *et al.* (2024) *styrofoam* mengandung benzena yang beresiko menyebabkan kanker. *Styrofoam* yang digunakan untuk menyimpan makanan atau minuman panas dapat melepaskan benzoat yang bercampur dengan makanan atau minuman tersebut. *Styrene* yang terkandung dalam *styrofoam*, dapat berpotensi merusak sumsum tulang belakang, gangguan fungsi kelenjar tiroid, dan menghambat produksi sel darah merah sehingga menyebabkan anemia.

1.2.2 Ulat Hongkong *Tenebrio molitor* dan Potensi Biodegradasi

Ulat hongkong atau dikenal sebagai *mealworm* atau *yellow mealworm*, adalah larva dari serangga kumbang tepung atau *Tenebrio molitor* yang termasuk dalam famili Tenebrionidae dan termasuk ke dalam ordo terbesar dari serangga yaitu ordo Coleoptera. Di Indonesia, larva ini lebih populer dengan sebutan ulat hongkong dan menjadi hama pasca panen yang bersifat polifagus (omnivora) yang menyerang biji-bijian, dedak, sereal, produk makanan olahan seperti tepung, roti, kerupuk kering, dan bahan hewani seperti serangga mati, sisa daging, bulu, dan kotoran dari kandang ayam atau burung (Mahdianto *et al.*, 2022). Sebagian besar siklus hidup ulat hongkong atau *Tenebrio molitor* berada fase larva. Larva *Tenebrio molitor* membutuhkan banyak makan untuk mendukung proses pertumbuhan tubuh hingga mencapai tahap moulting atau pupa (Maha *et al.*, 2021). Ulat hongkong adalah serangga nokturnal yang habitatnya ditempat gelap dan lembab seperti gudang penyimpanan biji-bijian, sarang burung, kandang ayam, tumpukan karung pakan, atau tempat lain yang digunakan untuk menyimpan makanan (Ribeiro *et al.*, 2024).



Gambar 3. Siklus hidup ulat hongkong *Tenebrio molitor*, A, Telur, skala batang 500 µm, B. Larva, C. Pupa, D. Kumbang Dewasa

Sumber: Syahrulawal *et al.*, 2023

Ulat hongkong bersifat holometabola yang mengalami metamorfosis sempurna. Selama satu siklus hidup ulat hongkong akan melewati empat fase yaitu telur, larva (ulat), pupa (kepompong), dan dewasa. Telur ulat hongkong berbentuk oval dengan panjang berkisar antara 1-1,8 mm dan lebar 0,6-0,7 mm. Telur dilapisi cairan lengket agar menempel pada substrat. Tampilan telur mengilap seperti butiran kecil dan sulit terlihat. Biasanya menempel pada media pakan ulat dan keberhasilan penetasan hanya dapat diketahui saat telur sudah menjadi larva (ulat). Penetasan menjadi larva membutuhkan waktu 7 hingga 15 hari (Astuti *et al.*, 2017; Zunzunegui *et al.*, 2024). Larva atau ulat hongkong memiliki 13 hingga 15 segmen berwarna coklat kekuningan pada bagian tubuh dan tidak berbulu. Warna awal larva putih pucat dan berubah menjadi kekuningan seiring waktu. Panjang tubuh larva berkisar antara 2-3,5 cm. Beratnya sekitar 130-160 mg. Fase larva berlangsung selama 3 sampai 4 bulan hingga berubah menjadi pupa (Astuti *et al.*, 2017; Ribeiro *et al.*, 2024). Sebelum memasuki fase pupa, larva terlebih dahulu mengalami fase pupasi. Fase pupasi merupakan proses transisi dari fase larva ke fase pupa. Pada fase ini, larva akan berhenti bergerak dan berdiam diri serta tidak makan. Seiring waktu, panjang tubuh larva mulai menyusut, tubuhnya perlahan memiring, melengkung, dan tampak kaku. Perubahan morfologis ini berlangsung secara bertahap, hingga akhirnya, dalam kurun waktu sekitar 2 hari, larva akan sepenuhnya berubah menjadi pupa. Pupa (Kepompong) adalah fase dalam siklus hidup ulat hongkong yang tidak makan atau minum. Pada fase ini tidak ditemukan mulut dan anus. Warna pupa awalnya putih krem, kemudian berubah menjadi coklat kekuningan. Fase pupa biasanya disebut fase diam karena aktivitas makan berhenti sepenuhnya dan pupa jarang bergerak kecuali terganggu oleh lingkungan. Panjang tubuh pupa mencapai 15 mm dan lebar sekitar 5 mm. Fase pupa berlangsung selama 6 hingga 20 hari sebelum berubah menjadi kumbang dewasa (Hapsari *et al.*, 2018). Kumbang dewasa memiliki warna coklat yang perlahan menjadi gelap seiring waktu dan kawin untuk memulai kembali siklus hidupnya. Rentang hidupnya berkisar antara 37 hingga 97 hari (Syahrulawal *et al.*, 2023).

Menurut Setyanto (2019), ulat hongkong *Tenebrio molitor* diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Coleoptera
Famili	: Tenebrionidae
Genus	: <i>Tenebrio</i>
Spesies	: <i>Tenebrio molitor</i>

Belakangan ini, budidaya ulat hongkong *Tenebrio molitor* semakin berkembang karena mempunyai banyak manfaat, misalnya sebagai pakan ternak, konsumsi manusia, dan sebagai objek penelitian. Ulat hongkong *Tenebrio molitor* dimanfaatkan sebagai pakan ternak karena memiliki kandungan gizi yang tinggi sehingga cocok untuk dijadikan makanan ternak. Ulat ini dapat diberikan sebagai suplemen atau makanan

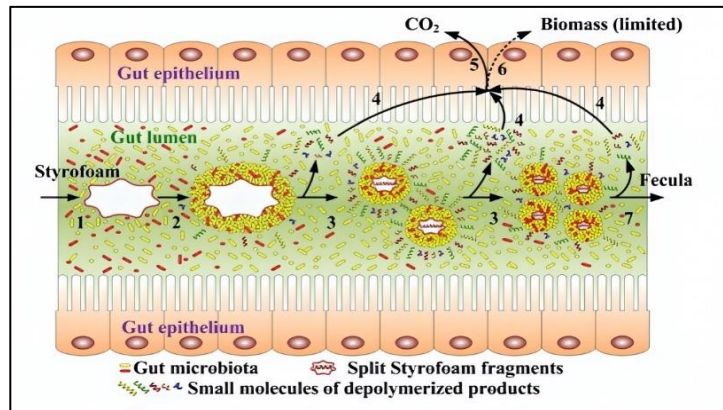
utama, baik dalam bentuk hidup maupun pelet (Maha *et al.*, 2021). Hampir dua miliar orang diseluruh dunia mengonsumsi serangga sebagai makanan. Ulat hongkong *Tenebrio molitor* menjadi salah satu jenis serangga yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan manusia. Di Tiongkok, ulat ini menjadi salah satu hidangan favorit masyarakat setempat (Selaledi *et al.*, 2020). Ulat hongkong *Tenebrio molitor* dimanfaatkan sebagai bahan makanan manusia karena dianggap memiliki khasiat untuk mengatasi diabetes, tekanan darah tinggi, dan penyakit jantung. Ulat ini juga dimanfaatkan sebagai objek berbagai penelitian atau studi yang dilakukan di laboratorium (Rahmawati *et al.*, 2017). Ulat hongkong *Tenebrio molitor* memiliki manfaat secara alami sebagai pengurai zat organik dan anorganik di lingkungan. Penelitian terbaru menunjukkan kemampuan mereka dalam mengurai *styrofoam* (Manullang *et al.*, 2017). Kandungan gizi ulat hongkong meliputi 48% protein, 40% lemak kasar, 3% kadar abu, 8% ekstrak nitrogen, dan 57% kadar air (Fitasari dan Santoso, 2015). Protein dalam ulat hongkong ini memiliki profil asam amino yang setara atau lebih baik dibandingkan protein berbasis kedelai komersial untuk pakan ternak. Ulat hongkong juga kaya akan lemak, terutama asam lemak tak jenuh yang berperan sebagai sumber lemak sehat untuk hewan produksi. Peptida bioaktif yang terkandung dalam ulat hongkong bermanfaat untuk peningkatan kesehatan hewan ternak (Syahrulawal *et al.*, 2023).

Salah satu penemuan menarik tentang ulat hongkong adalah kemampuannya untuk mendegradasi plastik, suatu bahan yang dikenal sangat sulit terurai secara alami. Ulat hongkong telah dilaporkan mampu menguraikan plastik yang digunakan sebagai kemasan, sehingga dipertimbangkan sebagai agen entomoremediasi (Mahdianto, 2022). Penelitian Yang *et al.* (2015) menemukan bahwa saluran pencernaan ulat hongkong berfungsi sebagai bioreaktor alami yang efisien. Proses fisik dan biokimia yang terjadi dalam saluran pencernaan ulat hongkong, seperti menguyah, menelan, serta reaksi antara enzim usus dan mikroba membantu mengurai *polystyrene* sebagai komponen penyusun *styrofoam*. Hal ini menunjukkan ulat hongkong berpotensi dalam membantu mengatasi masalah limbah plastik.

1.2.3 Mekanisme Degradasi *Styrofoam* oleh Ulat Hongkong *Tenebrio molitor*

Degradasi didefinisikan sebagai proses perubahan fisik atau kimia pada polimer akibat pengaruh lingkungan, seperti paparan cahaya, suhu tinggi, reaksi kimia, atau aktivitas biologis. Biodegradasi merupakan bentuk degradasi yang terjadi melalui aktivitas mikroorganisme, terutama oleh bakteri (Rindiani dan Agustiani, 2024). *Styrofoam* merupakan salah satu bahan polimer berbasis *polystyrene* yang sangat sulit terurai secara alami di lingkungan tanpa bantuan agen biodegradasi. Ulat hongkong yang merupakan larva dari *Tenebrio molitor*, diketahui memiliki potensi unik dalam mendegradasi *styrofoam* di saluran pencernaannya (Brandon *et al.*, 2018).

Menurut penelitian Oktari *et al.* (2023), ulat hongkong dapat mendegradasi *styrofoam* berbahan dasar *polystyrene*. Proses ini dipengaruhi oleh adaptasi mikrobioma usus ulat hongkong yang memungkinkan terjadinya degradasi. Kemampuan tersebut berasal dari bakteri simbiosis dalam usus ulat hongkong yang menghasilkan enzim ekstraseluler. Enzim ini berperan dalam memecah fragmen *styrofoam* menjadi molekul-molekul yang lebih kecil (Subchan *et al.*, 2024).



Gambar 4. Diagram sistematis proses penguraian *styrofoam* di dalam usus ulat hongkong *Tenebrio molitor*
 Sumber: Yang et al., 2015

Penelitian Yang et al. (2015), menemukan bahwa bakteri *Exyguobacterium* sp. strain YT2 pada usus ulat hongkong berperan penting dalam degradasi *styrofoam*. *Styrofoam* dikunyah hingga menjadi fragmen kecil dan ditelan ke dalam usus. Proses mengunyah ini mengurangi ukuran *styrofoam* dan meningkatkan luas permukaan fragmen, sehingga memudahkan kontak antara fragmen dengan bakteri dan enzim ekstraseluler. Fragmen yang ditelan kemudian bercampur dengan bakteri usus yang menghasilkan enzim ekstraseluler untuk mengkatalisis depolimerisasi fragmen menjadi produk molekul kecil. Sebagian besar produk tersebut terdegradasi atau dimineralisasi menjadi CO₂ dan karbon yang tersisa diserap dan digunakan sebagai biomassa. Sisa fragmen *styrofoam* dan zat lainnya dikeluarkan sebagai feses. *Styrofoam* terdegradasi dengan baik di dalam usus ulat hongkong dalam waktu kurang dari 24 jam. Ulat Hongkong yang diberi makan *styrofoam* sebagai satu-satunya makanan, hidup sama baiknya dengan ulat hongkong yang diberi makan dengan makanan normal (dedak) selama periode satu bulan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini yaitu untuk:

1. Menganalisis efektivitas ulat hongkong *Tenebrio molitor* dalam mendegradasi bentuk batangan *styrofoam* disertai penambahan nutrisi yang berasal dari bahan organik.
2. Mengetahui pengaruh penambahan nutrisi terhadap efektivitas ulat hongkong *Tenebrio molitor* dalam mendegradasi batangan *styrofoam*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini yaitu untuk:

1. Memberikan wawasan baru dalam bidang bioteknologi, tentang pemanfaatan organisme hidup ulat hongkong *Tenebrio molitor* sebagai agen biodegradasi dalam membantu mengurangi limbah *styrofoam*, terutama dengan penambahan nutrisi.
2. Menjadi referensi awal untuk penerapan metode biodegradasi *styrofoam* yang lebih sederhana dan ramah lingkungan di masyarakat.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Desember 2024 – April 2025 di Laboratorium Biologi Terpadu Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu wadah palstik (*Thinwall*), timbangan analitik, enkas, penggaris, *cutter*, gunting, bunsen, kamera Hp dan alat tulis.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *styrofoam*, ulat hongkong *Tenebrio molitor*, pur ayam, ampas tahu, pelet ayam, dedak jagung, sekam padi, alkohol 70 %, kertas label, aluminium foil, kapas, kertas hitam dan *handscoon*.

2.3 Metode Kerja

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, diantaranya:

1. Tahap Pengambilan Sampel



Gambar 5. Lokasi pengambilan sampel ulat hongkong *Tenebrio molitor*

Sampel berupa ulat hongkong *Tenebrio molitor* diperoleh dari Pondok Ulat Hongkong, Mattiro Deceng, Kecamatan Lau, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan.

2. Tahap Persiapan Wadah dan Pakan

Wadah yang digunakan berupa wadah plastik (*Thinwall*) berukuran 250 ml untuk kelompok 3 ulat, ukuran 350 ml untuk kelompok 5 ulat, dan ukuran 750 ml untuk kelompok 9 ulat. Wadah dicuci menggunakan sabun cair, dibilas dengan air mengalir, dan disterilisasi menggunakan alkohol 70 % untuk mencegah kontaminasi. Pakan *styrofoam* yang digunakan ditimbang sebesar 75,6 mg untuk kelompok 3 ulat, 126 mg untuk kelompok 5 ulat, dan 226,8 mg untuk kelompok 9 ulat.

3. Tahap Aklimatisasi

Ulat hongkong *Tenebrio molitor* yang diperoleh dari toko pakan ternak dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian dan adaptasi ulat terhadap kondisi lingkungan baru sebelum dilakukan tahap pengujian.

4. Tahap Pengujian dan Pengamatan Pertumbuhan Ulat Hongkong *Tenebrio molitor*

Pada tahap ini dilakukan menggunakan tiga kelompok perlakuan berdasarkan jumlah ulat hongkong yang berbeda, yaitu kelompok 3 ulat, kelompok 5 ulat, dan kelompok 9 ulat pada masing-masing wadah. Pengamatan dan pengukuran dilakukan setiap 3 hari sekali selama 21 hari masa penelitian, sehingga ada 7 kali pengamatan dalam periode penelitian. Parameter yang diamati meliputi bobot badan ulat, panjang badan ulat, dan berat *styrofoam* setelah dikonsumsi ulat.

2.4 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 kelompok jumlah ulat, yaitu kelompok 3 ulat, kelompok 5 ulat, dan kelompok 9 ulat. Setiap kelompok ulat diberi 3 perlakuan (jenis pakan berbeda), yaitu *styrofoam* (A), *styrofoam*, dedak jagung, dan sekam padi (B), serta *styrofoam* dan pelet ayam (C). Masing-masing kelompok perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan, sehingga terdapat 27 satuan percobaan untuk keseluruhannya.

2.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari penelitian ini diuji secara statistik. Untuk mengetahui pengaruh *styrofoam* dan penambahan pakan terhadap ulat hongkong *Tenebrio molitor* terkait bobot badan ulat, panjang badan ulat, dan pengurangan berat *styrofoam* digunakan uji Anova, bila hasil yang didapatkan signifikan maka dilanjutkan ke uji Duncan. Korelasi antara pertumbuhan ulat dan pengurangan berat *styrofoam* menggunakan uji *Pearson Correlation*. Pengaruh perubahan panjang badan ulat terhadap perubahan bobot badan ulat menggunakan uji Regresi Linear.

Data hasil pengukuran bobot badan, panjang badan, serta pengurangan berat *styrofoam* disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Perubahan pada bobot badan, panjang badan, dan pengurangan berat *styrofoam* dapat dihitung menggunakan rumus:

Pengurangan berat *styrofoam* = $[W_i - W_f]$

Bobot badan = $[W_f - W_i]$

Panjang badan = $[W_f - W_i]$

Keterangan: W_f = massa/panjang akhir (gr/cm); W_i = massa/panjang awal (gr/cm)